COMPLÉMENT D'UN MÉMOIRE SUR LA COMPOSITION CHIMIQUE DU...

Anselme Payen



J'avais en outre opéré la transformation de ces tissus en dextrine dont la composition élémentaire et le poids atomique s'étaient trouvés d'accord avec son action moléculaire observée en présence de M. Biot.

Il ne restait donc plus de doute sur l'identité chimique de ces membranes, ni sur leur nature isomérique avec les autres corps que j'avais précédemment étudiés.

Mais il convenait de rechercher encore s'il ne se présenterait pas quelques exceptions dans certains cas particuliers. A cet égard les commissaires de l'Académie avaient émis le désir de connaître les résultats de l'examen du tissu des bois et des feuilles; les trachées des plantes m'avaient été indiquées comme objet de recherches; enfin, je m'étais poposé de fixer les idées sur le tissu du périsperme des blés quon avait considéré comme étant d'une nature spéciale et formant le gluten.

Composition des feuilles.

L'épuration complète de ce tissu présenta d'assez grandes difficultés. En effet, les feuilles traitées une seule fois par la solution bouillante de potasse retinrent, malgré les lavages et les traitemens ultérieurs par l'eau et l'acide chlorhydrique, l'éther et l'alcool, une matière de consistance cireuse qui augmentait la proportion du carbone, ainsi que le montrent les analyses; mais on voit aussi qu'après avoir été entièrement débarrassé de cette matière, le tissu pur eut la même composition que les membranes extraites des autres parties des plantes.

Nouveau mode d'épuration des bois fortement incrustés.

J'avais précédemment montré qu'en traitant les bois incrustés par l'acide azotique, puis par la potasse et les autres dissolvans, on parvenait à éliminer toute la matière incrustante, et qu'alors les membranes qui avaient résisté, offraient la composition normale des tissus végétaux, mais il me parut probable que les traitemens réitérés à chaud par les solutions alcalines, devaient suffire pour dissoudre toute la matière incrustante. En effet, le bois de cœur de chêne amené par la mollette à une division très

grande, traité trois fois alternativement par la solution de potasse bouillante jusqu'à siccité, puis par les autres disolvans, laissa un résidu composé de membranes apparaissant diaphanes et incolores sous le microscope : analysées alors, elles donnèrent la composition normale des tissus végétaux. J'obtins les mêmes résultats en appliquant un mode d'épuration semblable aux bois de hêtre, d'acacia et d'*Aylanthus glandulosa.*

Composition chimique des trachées.

MM. de Jussieu et Brongniart m'avaient engagé à comprendre dans mes analyses, celle des trachées des plantes; je saisis l'occasion qui me fut offerte par l'un de ces professeurs d'aller recevoir dans les serres du Jardin des Plantes, une tige et des feuilles d'un bananier (*Musa sapientum*). Les trachées extraites et seulement épurées par l'ammoniaque, l'eau, l'acide chlorhydrique faible, etc., contenaient évidemment de la substance incrustante, car analysées en cet état, elles ont donné 0,484 de carbone (voir plus bas, p. 79), tandis qu'épurées par la potasse à chaud, puis analysées alors, elles offrirent la composition du tissu normal, c'est-à-dire 0,44 de carbone. Une contre-épreuve fut trouvée dans le traitement de la solution de potasse, qui, saturée par l'acide chlorhydrique faible, donna un précipité composé des matières du *ligneux* incrustant.

Tissu du périsperme des blés.

Les membranes extraites pures des fruits du blé donnent à l'analyse les résultats des autres tissus végétaux; mais comme les agens employés pour cette épuration auraient pu dissoudre une partie de ce tissu de composition différente, et notamment le gluten que l'on avait supposé formé de membranes végétales, il était utile de montrer que la substance formant les cellules, a des propriétés différentes du gluten et des autres matières azotées qu'elles renferment; enfin, qu'il est possible d'extraire une partie ou la totalité de ces substances sans entraîner en dissolution le véritable tissu végétal. On y parvient de plusieurs manières : en examinant au microscope des tranches minces du périsperme

des blés, on voit une matière grisâtre plus ou moins translucide, remplissant les cellules près de la périphérie du grain, et empâtant l'amidon dans les parties plus internes. Cette matière hydratée offre les propriétés physiques du gluten, elle renferme des granulations albumineuses plus ou moins abondantes. Tous les réactifs applicables au gluten, accusent sa présence, en changeant son aspect, ou l'entraînent en dissolution.

Ainsi le tannin la colore et la contracte, l'ammoniaque et l'acide acétique la dissolvent sans attaquer le tissu véritable qui apparaît, au contraire, plus net et mieux dégagé; l'alcool même (étendu à 0,6), produit en grande partie les mêmes effets; la solution d'iode colorant en jaune toute la masse du gluten, en violet très foncé l'amidon, et laissant les membranes végétales incolores, offre une autre démonstration élégante du fait annoncé.

Enfin, après la germination à l'aide de l'eau, lorsque les développemens de la tige, des feuilles et des radicelles ont épuisé le fruit du blé de presque tout le gluten et l'amidon, on retrouve le tissu végétal avec sa composition chimique primitive.

Le gluten est donc un des principes immédiats renfermé dans les cellules du périsperme des blés, en proportions très variables depuis 0, 08 jusqu'à 0, 20 (1), comme je l'ai démontré ailleurs, et il ne fait point partie constituante des membranes du tissu végétal.

Radicelles de Maïs.

M. Magendie me remit, il y a quelques jours, pour les analyser, des radicelles recouvertes à la partie inférieure, d'une matière gélatineuse, diaphane et blanche, qu'il avait observées, en cet état, dans un champ de maïs après une pluie abondante.

Examinée sous le microscope, la substance gélatiniforme présentait un grand nombre de cellules longues ou elliptiques, séparées par une matière visqueuse. Chacune d'elles contenait une certaine quantité de matière azotée, dont plusieurs réactifs (l'iode, le tannin, etc.) faisaient mieux ressortir les contours en la colorant et déterminant une très notable contraction.

(1) Je l'ai même retrouvé en quantité minime dans le maïs.

La présence des granulations ou corps amorphes, à composition azotée, fut aussi démontrée dans la matière viqueuse empâtant les cellules ; je retrouvai le même enduit visqueux avec les mêmes propriétés chimiques, vers le bout des radicelles qui avaient pénétré de plusieurs centimètres dans le sol.

Les membranes végétales non colorables par l'iode, ni par le tannin, et formant la mince tunique des cellules en question, offrirent les propriétés et la composition ternaire du tissu propre des végétaux. Quant à leurs rapports avec les parties de la radicelle qu'elles avaient recouvertes, j'ai cru devoir en soumettre la détermination à M. Brongniart.

Analyse des parties du tissu qui ont résisté à la digestion des animaux.

Je suis parvenu à rendre plus prompte l'épuration du tissu des feuilles, en les broyant toutes fraîches cueillies, puis les malaxant dans l'eau tiède et les exprimant à plusieurs reprises, jusqu'à ce que le liquide sortît clair ou très peu chargé; le traitement par la potasse et les autres agens était alors bien plus efficace.

M. Schmersahl, pensant trouver une première épuration toute faite et plus avancée encore, me proposa d'extraire les membranes végétales des excrémens des vaches nourries dans une prairie naturelle près de mon laboratoire.

Je m'empressai d'autant plus volontiers de réaliser avec lui cette idée, qu'elle me parut pouvoir, en outre, donner un moyen d'évaluer, plus ou moins approximativement, la qualité nutritive des différentes plantes, ou d'une plante à ses différens degrés de développement, suivant encore la nature du sol, des engrais et l'influence des conditions atmosphériques.

L'épuration de cette cellulose fut effectivement bien plus facile et plus complète après le traitement, par les différens réactifs. Observée sous le microscope, elle montrait alors un grand nombre de vaisseaux diaphanes blancs, ayant conservé leurs formes; l'analyse élémentaire prouva son identité avec les autres membranes pures (voir plus bas, page 7).

Analyses des feuilles.

Feuilles de Chicorée endive (*Scariole*).

Soumises à la coction dans l'eau, desséchées, pulvérisées, traitées par l'ammoniaque, la potasse, l'acide chlorhydrique et l'eau : elles ont donné les résultats suivans :

Matière employée	434 milligr.	D'où	C = 45,08	= 100
Acide carbonique	674		H = 6,74	
Eau	240		O = 48,28	

Les mêmes traitées une deuxième fois par la potasse, l'acide chlorhydrique et toujours par des lavages intermédiaires à l'eau :

Substance	634	D'où	C = 43,40	= 100
Acide carbonique	674		H = 6,12	
Eau	240		O = 50,38	

Feuilles d'*Aylanthus glandulosa.*

Broyées et traités par la potasse, par le chlore, l'acide chlorhydrique, l'alcool et l'éther. Séchées à + 180° :

Matière employée	0,168	D'où	C = 45,95	= 100
Acide carbonique	0,271		H = 6,19	
Eau	0,091		O = 47,86	

Deuxième échantillon des feuilles d'*Aylanthus*.

Feuilles soumises à un traitement semblable. Séchées à + 180° :

Matière	0,371	D'où	C = 45,82	= 100
Acide carbonique	0,615		H — 6,44	
Eau	0,216		O = 47,74	

Analyse des membranes extraites pures du cœur du Chêne.

Matière employée	366	D'où	C = 44,53	= 100
Acide carbonique	592		H = 6,03	
Eau	210		O = 49,17	

Analyse des trachées du Bananier (*Musa sapientum*).

Épurées seulement par l'ammoniaque, l'acide chlorhydrique faible, l'alcool et l'eau (retenant encore la matière incrustante) :

Substance employée..................	256	D'où	C = 48,43 H = 6,91 O = 44,66	= 100
Acide carbonique..................	449			
Eau..............................	160			

2ᵉ Analyse des trachées du Bananier.

Débarassées de toute leur matière incrustante par la solution de potasse caustique et l'ébullition au bain d'huile jusqu'à siccité, puis les autres agens ordinaires d'épuration :

Matière séchée à + 130°....	0,236	D'où l'on tire	C = 43,22 H = 6,50 O = 50,28	= 100
Acide carbonique obtenu....	0,369			
Eau....................	0,139			

Cellulose extraite des excrémens de vaches nourries dans une prairie naturelle.

Traitement : 1° Eau tiède. 2° Potasse. 3° Chlore. 4° Potasse une deuxième fois. 5° Acide chlorhydrique. Séchées à + 180° dans le vide (En outre, on opéra un lavage complet dans l'eau, après chacune des réactions) :

Matière employée	323	D'où	C = 44,92 H = 6,40 O = 48,59	= 100
Acide carbonique	525			
Eau	189			

*Tissu intérieur des feuilles de l'*Agave americana.

Les particularités qu'il présente dans son volume et ses formes m'ont déterminé à faire l'analyse de ce tissu : débarrassé mécaniquement de la couche verte qui l'environne, il fut divisé le plus possible à l'aide d'une lame bien tranchante; soumis alors aux opérations successives d'une épuration par l'eau, l'ammoniaque, la potasse, l'acide chlorhydrique, l'alcool et l'éther, il fut dès ce premier traitement amené à l'état de cellulose pure, ainsi que le prouvent les résultats analytiques suivans :

Substance	302	D'où	C = 44,70 H = 6,39 O = 48,91	= 100
$C^2 O^2$	490			
$H^2 O$	174			

Coton des graines du Peuplier de Virginie.

Afin de vérifier encore sur cette sorte de poils végétaux, la composition trouvée dans l'analyse du coton ordinaire, je les soumis à une épuration complète semblable à la précédente. Débarrassés ainsi de leur abondante matière grasse, ils donnèrent les résultats suivans, qui s'accordent bien avec toutes les analyses du tissu végétal pur.

Matière employée	374	D'où	C = 44,11 H = 6,52 O = 49,37	= 100
Acide carbonique	598			
Eau	220			

Membranes végétales composant le squelette d'un nid de Guêpe.

M. Magendie supposait d'après les circonstances de la construction d'un nid de guêpes, que les parois des cellules de ce nid, devaient contenir une substance analogue à celle des membranes végétales, il voulut bien m'engager à vérifier ce doute : l'échantillon que je recus de ce savant fut lentement et assez difficilement épuré par les traitemens indiqués ci-dessus, de plusieurs matières analogues à celles qu'on trouve dans les végétaux et de la substance collante particulière qui réunissait les matériaux de ce nid.

Après l'épuration complète, on vit distinctement sous le microscope, la substance désagrégée se composer de tubes plus ou moins longs, avec les formes des parties du tissu vasculaire des plantes.

Analysée alors, elle donna effectivement, des nombres équivalens à ceux de la composition des membranes végétales :

Matière employée	250	D'où	C = 44,15 H = 6,22 O = 49,63	= 100
Acide carbonique	400			
Eau	141			

Composition du bois des Conifères.

Après le grand nombre d'analyses que j'avais faites des tissus végétaux, M. Brongniart me dit que l'examen chimique du tissu ligneux des Conifères pourrait encore offrir de l'intérêt en raison des particularités qui distinguent la structure de ces bois.

Je me livrai aussitôt à ce travail, et ne tardai pas à constater plusieurs différences qui persistent jusqu'à l'époque de l'épuration complète des membranes.

Le bois de sapin réduit en poudre par la lime, épuré par l'eau, l'alcool, l'éther, les acides et les alcalis faibles, puis par la solution concentrée de soude caustique à chaud, l'acide chlorhydrique et l'eau, contenait encore des quantités sensibles de matière incrustante et de substance azotée qui étaient interposées dans les membranes : celles-ci, en effet, étaient brunies par l'acide sulfurique; la solution aqueuse d'iode les colorait en jaune dans toute leur épaisseur; calcinées avec de la potasse, elles laissaient dégager de l'ammoniaque; enfin la composition élémentaire s'éloignait beaucoup de celle qui représente la cellulose. On en jugera facilement par les deux analyses suivantes :

	1re	2e			1re	2e
Matière employée.....	398mill.	417	D'où	Carbone......	52,01	51,79
Eau obtenue........	227	237		Hydrogène....	6,33	6,28
Acide carbonique.....	750	784		Oxygène......	41,57	41,93
					100	100

Afin d'obtenir l'épuration complète de cette cellulose, il fallut la broyer à l'eau sous la molette, puis la traiter par un courant de chlore, reprendre par la potasse, l'acide chlorhydrique et l'eau; devenue blanche alors, elle n'était plus brunie par l'acide sulfurique, qui la transformait à froid en dextrine; l'iode en solution aqueuse ne la colorait plus sous le microscope; elle ne dégageait plus d'ammoniaque à la calcination; enfin, desséchée à 120° dans le vide, elle donna les résultats analytiques ci-dessous indiqués :

	1re	2e	3e			1re	2e	3e
Substance employée....	312	394	251,2	=	Carbone...	45,09	44,77	44,38
Eau obtenue.	183	234	157		Hydrogène.	6,47	6,58	6,96
Acide carbonique.....	509	638	407		Oxygène...	48,44	48,65	48,66
						100	100	100

Ainsi, une fois amenée, sans perdre sa structure membraniforme, à l'état de pureté complète, la cellulose du sapin est identique avec la substance qui constitue les membranes des cellules de tous les végétaux.

Composition du périsperme du Phytelephas.

On importe en France ces fruits, dont le périsperme blanc possède une dureté telle, qu'on le peut tailler et polir pour en confectionner divers menus objets de tabletterie imitant l'ivoire. M. Brongniart, en examinant le tissu de ce périsperme, pensa qu'il serait intéressant de rechercher si l'épaississement considérable des cellules dépendait d'une incrustation particulière ou de couches ligneuses, ou enfin de la formation graduelle d'une substance homogène ; il voulut bien me remettre un de ces fruits.

Des tranches minces du périsperme, vues sous le microscope, offraient l'apparence d'un tissu celluleux à parois très épaisses, renfermant des gouttelettes oléiformes et des granulations albuminoïdes : débarrassées par l'ammoniaque, l'eau, l'alcool et l'éther, de la plus grande partie de ces corps étrangers, les épaisses membranes n'avaient éprouvé aucun changement appréciable. Dans la vue d'opérer une dislocation de cellules juxtaposées entre lesquelles on n'apercevait directement aucune ligne de démarcation, je les fis gonfler par une goutte de solution de soude caustique; lavées alors, j'essayai de les contracter par une solution d'iode : la séparation sur un grand nombre de points fut en effet la conséquence immédiate de ces réactions physiques, et laissa voir très distinctement la configuration polyédrique de la membrane externe des cellules. Tous les réactifs annonçaient d'ailleurs, avec des degrés d'agrégation croissans vers la péri-

phérie de chaque cellule, une homogénéité chimique dans toute la masse membraneuse.

Afin de vérifier cette conjecture, je tentai l'épuration par l'éther, l'alcool, l'ammoniaque et l'acide acétique et l'eau, réactifs assez faibles pour convenir même à l'épuration de la substance amylacée, qui éliminèrent l'albumine et deux autres substances azotées, la silice, deux matières grasses et des sels.

La substance ainsi traitée, après avoir préalablement été réduite en poudre très fine par l'action d'une lime, était d'une blancheur remarquable; desséchée dans le vide à la température de 125°, puis analysée, elle offrit la composition qui suit :

Substance employée................	340	D'où	C = 44,14	= 100
Eau............................	195		H = 6,30	
Acide carbonique.................	543		O = 49,56	

D'ailleurs elle se transformait en dextrine par l'acide sulfurique et en xyloïdine par l'acide azotique sans coloration; c'était évidemment de la cellulose pure, sauf des traces de silice, et elle avait été extraite en cet état plus facilement que d'aucun autre tissu jusques alors analysé et sans employer d'autres réactifs que ceux qui eussent laissé l'amidon intact. Elle offre donc un des exemples les plus nets et faciles à démontrer de la composition des cellules végétales.

DEUXIÈME PARTIE.

SUR LES ÉTATS DIFFÉRENS D'AGRÉGATION DU TISSU DES VÉGÉTAUX.

Je ne veux point parler ici de ces causes, inabordables encore à l'analyse, dépendantes sans doute d'une organisation spéciale et de principes cachés, qui impriment des caractères permanens ou accidentels aux familles, aux espèces et même aux variétés des plantes (1)

(1) Les transformations de l'amidon hydraté en dextrine et le changement en sucre de ces deux substances par des quantités presque impondérables de diastase; les réactions analogues opérées sous l'influence de la synaptase, ainsi que le nouvel ordre de faits observés dans la conversion de plusieurs principes immédiats par des membranes animales, autorisent peut-être les chimistes à espérer qu'ils aideront un jour les physiologistes à remonter plus haut dans l'étude des phénomènes de l'organisme.

En développant, à l'aide de nouveaux faits, les conséquences de mes précédentes recherches, je crois seulement pouvoir ramener à une composition élémentaire identique, plusieurs organes des végétaux, à faire connaître certains états d'agrégation de leurs particules, qui relient entre eux et font mieux comprendre leurs termes extrêmes de cohésion et de dissolubilité.

Ces données chimiques nouvelles sont d'ailleurs en harmonie avec les lois simples de l'organisation, fondées sur les observations physiologiques des auteurs qui font autorité dans la science; elles me conduisent à penser que la distinction, par fois difficile, entre les êtres végétaux et animaux, pourra s'appuyer sur la composition élémentaire de leurs membranes.

Le principe immédiat constituant les membranes végétales, se rencontre sensiblement pur et faiblement agrégé dans l'Amidon : là en effet, son agrégation semble provisoire, destinée seulement à le défendre contre des altérations spontanées. Une condition, au moins, manquerait, me paraît-il, à chaque granule pour qu'il pût atteindre le terme d'organisation d'une utricule, ce serait une proportion suffisante, dans son intérieur, du cambium, qui accompagne, ou précède, toutes les formations végétales, substance dont j'ai démontré ailleurs la composition chimique riche en azote et dont les transformations physiologiques partant en général d'un globule creux, ont été si bien mises en lumière dans ces derniers temps. Le cambium est ici remplacé par la matière amylacée, elle-même, qui remplit presque toute la cavité des grains de fécule et dont la cohésion et l'adhérence des couches concentriques semblerait présenter un obstacle de plus à des développemens organiques.

L'amidon me semble donc être une sécrétion agrégée alimentaire, mise en réserve, bien plutôt qu'un véritable organe destiné à se reproduire directement; son organisation apparente, qui pourrait, en raison des couches superposées, paraître plus avancée que celle d'une cellule, l'est donc beaucoup moins, si je ne me trompe. Après avoir trouvé dans les divers modes de dissolution, naturelle et artificielle, de la substance amylacée, des faits nombreux à l'appui de cette manière de voir,

j'ai voulu en rechercher des conséquences dans les propriétés physiques et chimiques des membranes qui constituent les tissus faiblement agrégés des organisations inférieures.

Nature amylacée d'un tissu végétal.

Les hypothèses qui précèdent m'ont conduit à résoudre une question que j'avais autrefois vainement étudiée : il s'agissait de savoir où était situé dans le tissu du lichen d'Islande, l'amidon que l'analyse chimique y démontrait en abondance.

Bien certain aujourd'hui, que la substance des cellules végétales est isomérique avec l'amidon et n'en diffère autant, dans les réactions physiques, que par une agrégation considérablement plus forte entre ses particules, je crus pouvoir admettre qu'il existait dans le lichen d'Islande, des membranes assez faiblement organisées pour présenter quelques-uns des caractères de l'amidon.

Dans la vue de vérifier cette induction, je purifiai d'abord le lichen en le soumettant aux réactifs (1), qui sans attaquer son tissu, dissolvent les substances étrangères, alors l'iode ajouté sur des tranches minces observées sous le microscope, développa une teinte bleue dans les membranes du tissu sous les parties corticales; celles-ci prirent une teinte grisâtre ou légèrement orangée.

La nuance bleue disparaissait sous l'influence des alcalis, la potasse et la soude opéraient en outre, un gonflement rapide, puis une dissolution graduelle des membranes ; ces caractères distinctifs de la substance amylacée m'encouragèrent à pousser plus loin mes investigations ; je procédai à l'extraction de la gelée du lichen, et je constatai, sans peine, qu'elle était obtenue des membranes bleuissables; qu'elle avait acquis elle-même cette propriété, tandis que la couche corticale non colorable en bleu par l'iode, n'était pas dissoute par l'eau bouillante même à une température de + 170° en vase clos.

Traitant alors la gelée du lichen par la diastase à + 75° cent.,

(1) Eau, alcool, ammoniaque, acide acétique, éther.

je rendis soluble à froid la substance identique avec l'amidon en la convertissant en dextrine et en sucre.

Je parvins de cette manière à séparer l'inuline restée intacte en présence de la diastase.

Ayant constaté que l'acide acétique transforme à chaud l'inuline en sucre soluble à l'eau froide et même dans l'alcool, il me fut facile d'éliminer cette substance à son tour, et d'obtenir l'amidon isolément.

Ainsi donc la gelée du lichen, aussi blanche et pure qu'on ait pu se la procurer directement, contient de l'amidon hydraté plus de l'inuline.

Ce résultat n'est peut-être pas sans intérêt, après les travaux de plusieurs savans chimistes, dont l'un avait indiqué les deux substances sans les extraire; un autre depuis n'y trouva que de l'amidon, et plus récemment encore un troisième, considérant l'ensemble comme un principe immédiat particulier, lui donnait une dénomination spéciale.

Nouvelles propriétés de l'inuline.

A cette occasion encore, outre la transformation par l'acide acétique, j'ai constaté les propriétés suivantes de l'inuline : dissoute dans l'eau bouillante, elle s'en sépare après le refroidissement, sous la forme de petits sphéroïdes blancs, diaphanes, parfois réunis en chapelets; dissoute en vase clos à une température de + 170°, elle produit plus lentement, mais d'une manière plus prononcée le même phénomène; au bout de trois mois on a trouvé, en effet, sur les parois du vase, des plaques composées de sphéroïdes contigus les uns aux autres, ayant environ 3 centièmes de millimètre, se montrant en séries ou chapelets, sur les bords du dépôt; la plupart recouverts de très petits globules semblables; tous très fragiles, se brisant sous une faible pression en éclats anguleux ou mous.

C'est là un trait de plus de ressemblance avec l'amidon dans lequel la propriété de se précipiter en globules, a été observée par M. Jacquelain; mais les globules d'inuline ne sont

pas colorés par l'iode, et leur solution n'est pas altérée par la diastase (1).

L'analyse des membranes épurées du lichen donne en effet, les nombres qui représentent la composition de l'amidon.

L'amidon n'est donc pas contenu à l'état de granules, dans les cellules du lichen, il forme une partie intégrante de la membrane des cellules elles-mêmes.

Cette composition et la facile dissolubilité des membranes en question, expliquent la qualité alimentaire de certains lichens, et une propriété semblable dans des tissus végétaux plus ou moins facilement désagrégeables.

Composition du périsperme du Dattier.

Il en est ainsi des membranes épaisses du périsperme du Dattier, que les solutions alcalines gonflent à froid, désagrègent et dissolvent à chaud, ces membranes contribuent sans doute à la qualité alimentaire de ce que l'on nomme les noyaux de Dattes, qui d'ailleurs renferment du sucre, des matières azotées des substances grasses et quelques sels solubles. Les Dattes elles-mêmes, ne présentent qu'auprès de l'épiderme de leur péricarpe un petit nombre de cellules remplies de la matière incrustante, ligneuse, le tissu bien épuré donne les produits qui représentent les élémens des membranes végétales. (2)

(1) L'inuline est fusible à + 168°: elle est alors devenue soluble dans l'eau froide et même dans l'alcool. Si l'on évite de prolonger cette réaction, la substance ne sera pas sensiblement colorée: elle n'aura rien perdu après avoir éprouvé cette curieuse transformation en un corps isomérique, ainsi que le montrent les analyses comparées pages 91 et 92. Les membranes végétales plus ou moins résistantes, l'Amidon, la Dextrine, l'Inuline normale et l'Inuline rendue soluble par la chaleur, présentent donc cinq substances isomériques.

(2) Il en fut de même encore d'un jeune tissu formé sur l'aubier d'une branche de peuplier, extrait au mois d'août, ce tissu contenait entre les corps azotés de nombreux granules globuliformes d'Amidon, ayant au plus un demi-centième de millimètre. Epuré facilement, il offrit à l'analyse 44,5 de carbone et 55,5 d'eau.

Propriétés physiques et composition élémentaire du tissu des Cryptogames.

Après les nombreuses analyses que j'avais faites des divers organes des végétaux phanérogames, on pouvait supposer une composition élémentaire uniforme dans toutes leurs membranes. Les mêmes résultats s'étaient reproduits, comme on vient de le voir, relativement au tissu du Lichen d'Islande. Or, une matière organique plus faiblement agrégée l'amidon, contenant encore les mêmes élémens dans les mêmes proportions, il était permis de croire à la généralité d'une telle loi de composition dans la substance du tissu propre des plantes. Toutefois, les propriétés spéciales du Lichen examiné devaient inspirer quelques doutes sur l'identité de la composition élémentaire des membranes constituant les tissus des diverses autres végétations cryptogamiques.

Analyses des Conferva rivularis *et* oscillatoria.

J'essayai donc de traiter sous les mêmes points de vue plusieurs Conferves. La soude, en dissolvant à chaud la membrane enveloppante des filamens de *Conferva rivularis*, isola les unes des autres les longues cellules qui, appuyées bout à bout et plus ou moins remplies de matière verte, occupaient toute la capacité tubulaire.

Pour éliminer entièrement la matière verte, il fallait ouvrir les cellules qui la tenaient en partie à l'abri des dissolvans. J'y parvins en agglomérant ensemble les Conferves humides, par une pression graduée, desséchant la masse, puis la soumettant à l'action d'une lime ; alors l'alcool, l'ammoniaque, les solutions de soude et de potasse, étendues, enlevèrent les substances azotées et la matière verte en dissolution : le chlore en fit disparaître les dernières traces en éliminant aussi une substance brune ; l'acide chlorhydrique, l'eau, l'éther et l'alcool, achevèrent l'épuration en enlevant du carbonate de chaux et des substances grasses : les membranes épurées des *Conferva rivula-*

ris et *Oscillatoria* (1) offrirent alors la composition des autres tissus, ainsi que le prouvent les détails analytiques (voy. p. 20 et 21).

Analyse du tissu des Champignons.

Les Champignons encore, parmi les Cryptogames, méritaient une attention sérieuse; car, sur l'autorité d'un savant analyste, on y admettait un tissu d'une composition particulière qui avait reçu le nom de *Fungine*; l'auteur l'avait extrait du *Boletus igniarius.*

J'apportai les plus grands soins à son examen, l'épuration complète nécessita les mêmes manipulations que pour les Conferves et plus de précautions encore, car il est formé de membranes altérables, et la grande quantité de matière brune qu'il récèle, ne peut être totalement enlevée qu'en faisant passer un courant de chlore gazeux dans le liquide; je lui trouvai enfin, comme le prouvent les détails analytiques, la composition des membranes des autres végétaux (voyez p. 92).

Compositions des membranes du Champignon de couches (Agaricus edulis).

Avant de prononcer, définitivement sur la matière du tissu des Champignons, il pouvait paraître utile de vérifier les premiers résultats en procédant à une analyse d'une sorte très différente de la première, par les circonstances de sa végétation comme par sa consistance. Les Champignons de couches furent employés dans cette vue, l'analyse immédiate y démontra des proportions considérables des substances azotées, d'une matière grasse cristallisable, volatilisable en partie dans le vide à + 180°, des sels, etc., leur épuration complète fut obtenue en les lavant d'abord à l'eau froide, puis exprimant avec force; séchés alors on put les réduire en poudre qui fut tamisée, on fit réagir sur celle-ci alternativement l'éther, l'alcool, l'ammoniaque à chaud,

(1) Ces Conferves, après leur complète épuration, présentaient, sous le microscope, des tronçons de cylindres diaphanes, contenant une ou plusieurs cellules vides.

l'acide chlorhydrique, une solution faible de potasse; le chlore, l'acide chlorhydrique et l'éther; des lavages intermédiaires eurent lieu à l'eau chaude; séchés alors dans le vide à + 180°, la substance membraneuse offrit la composition des autres membranes: ainsi les Champignons ne sont point formés d'un tissu particulier; ce sera donc encore une anomalie éliminée de la science (voyez p. 17).

Analyse des membranes du Chara hispida.

Je crus devoir déterminer sous les mêmes points de vue, la composition élémentaire des membranes du Chara, sur lequel les physiologistes nous ont appris de si importantes particularités; après avoir éliminé mécaniquement ou en dissolution, le liquide et les granules verts à composition azotées, puis le carbonate de chaux et toutes les substances étrangères (1), j'obtins les membranes blanches diaphanes et pures, leur analyse offrit la composition normale des tissus végétaux, (voyez p. 20).

Si j'ai réellement fait disparaître toutes les variétés de composition attribuées aux tissu des plantes pour y subtituer une formule unique, il me sera peut-être permis d'énoncer une opinion que j'ai conçue il y a plusieurs années, mais qui alors, était basée seulement sur deux séries parallèles de réactions chimiques moins certaines, bien qu'elle se trouvent vérifiées aujourd'hui; dès lors en effet, il m'avait paru possible d'établir une distinction rationnelle entre les animaux et les végétaux, près de cette limite où plusieurs caractères semblent les confondre: les membranes végétales bien agrégées, sont inaltérables sensiblement en présence d'une foule d'agens, tels que l'iode, le chlore, les alcalis et les acides étendus, le tannin, plusieurs sels neutres, l'alcool et la créosote, qui colorent, attaquent, dissolvent ou contractent fortement les membranes des animaux; mais la distinc-

(1) Le Chara contient des granules d'amidon, des corps verdâtres azotés, des substances azotées, solubles, une matière grasse, une substance colorante, un principe odorant rappelant l'odeur marécageuse de plusieurs Conferves, du chlorure de potassium, du carbonate de chaux adhérent aux membranes externes, et de la silice.

tion qui se fonde sur leur composition élémentaire est encore plus certaine :

En effet, *les combinaisons organiques quaternaires font partie constituante des membranes animales, tandis que les combinaisons azotées n'entrent pas dans la nature intime des membranes végétales, celles-ci offrent constamment une composition ternaire bien définie* $C^{24}H^{20}O^{10}$ ou $H^2O, C^{24}H^{18}O^9$.

D'une part, les proportions considérables de substances azotées que m'ont offertes les analyses de tous les jeunes organes des végétaux; et d'un autre côté, les propriétés physiologiques, notamment une grande énergie vitale, découverte par M. Dutrochet dans les parties des plantes qui renferment le plus d'azote, sembleraient au premier abord, devoir faire repousser la distinction que j'essaie d'établir; mais en y réfléchissant un peu, on verra qu'il n'y a aucune contradiction entre ces faits, on verra qu'ils s'accordent, au contraire, très bien entre eux, comme avec les observations sur la nature des engrais les plus fertilisans, et encore avec la composition chimique de la substance contenue dans les organes qui prennent part directement à la fécondation des plantes: c'est que dans toutes ces circonstances, les matières azotées sont en présence des membranes, sont même enfermées par elles, sans en faire partie intégrante.

J'oserais dire qu'un jour, on pourra pousser plus loin les conséquences de ces deux ordres de faits; la composition ternaire des membranes végétales et la composition quaternaire des tissus animaux, si on les rapproche de la troisième proposition suivante :

Dans les deux règnes, les corps qui admettent l'azote au nombre de leurs principes constituans, sont indispensables à l'accomplissement des phénomènes de la vie.

Détails analytiques.

Analyse de l'Inuline normale, blanche et très pure, séchée dans le vide à + 150°.

Substance employée..............	0,221		C. = 44,55	
Acide carbonique................	0,358	D'où	H. = 6,12	= 100
Eau	0,120		O. = 49,33	

Analyse du Lichen épuré, séché à + 170° vide.

Substance	0,519	D'où	C. = 44,70	= 100
$C^2 O^2$	0,842		H. = 6,21	
$H^2 O$	0,291		O. = 49,09	

Analyse de l'Inuline soluble isomérique, avec l'Inuline normale (chauffée à + 170° dans le vide).

Matière employée	0,358	D'où	C. = 44,19	= 100
$C^2 O^2$	0,572		H. = 6,17	
$H^2 O$	0,199,5		O. = 49,70	

Première analyse des Conferves (*Conferva rivularis*); membranes épurées séchées à + 100°.

Matière employée	0,233	D'où	C. = 42,57	= 100
Acide carbonique	0,359		H. = 6,52	
Eau	0,137		O. = 50,91	

Seconde analyse des mêmes Conferves (*Conferva rivularis*), desséchées à + 180° dans le vide.

Substance employée	0,442	D'où	C. = 44,57	= 100
Acide carbonique	0,716		H. = 5,75	
Eau	0,229		O. = 49,68	

Champignons de couches (*Agaricus edulis*); tissu bien épuré, puis desséché dans le vide à + 180°.

Matière employée	0,316	D'où	C. = 44,52	= 100
Acide carbonique	0,534		H. = 6,67	
Eau	0,190		O. = 48,81	

Analyse du *Boletus igniarius*, tissu épuré blanchi et séché à + 100°.

Matière employée	0,417	D'où	C. = 43,40	= 100
Acide carbonique	0,653		H. = 6,11	
Eau	0,230,5		O. = 50,49	

Analyse des membranes du *Chara*.

Substance	0,216	D'où	C. = 43,88	= 100
$C^2 O^2$	0,343		H. = 6,29	
$H^2 O$	0,123		O. = 49,83	

Conferva oscillatoria épurée par les réactifs ci-dessus indiqués, desséchée dans le vide à + 180°.

Matière employée...............	0,161	D'où	C. = 45,34	= 100
Acide carbonique................	0,264		H. = 6,58	
Eau..............................	0,096		O. = 48,08	

La petite surcharge de carbone m'a conduit à trouver encore dans cette Conferve, malgré son épuration, une quantité notable de matière d'apparence grasse fluide à chaud, figée à froid. soluble dans l'éther et dans la potasse. (1)

Une deuxième analyse faite en employant la substance épurée complètement par l'éther, et séchée dans le vide à + 180°, donna les résultats suivans :

Matière employée................	0,237	D'où	C. = 44,89	= 100
Acide carbonique................	0,385		H. = 6,16	
Eau..............................	0,132		O. = 48,95	

Membranes amylacées.

Les membranes des sporules des Champignons débarrassées des matières riches en azote (à l'aide d'une solution à 0,1 de potasse tenue une heure à 100°), présentent les caractères de la substance amylacée : c'est un nouvel exemple du fait que j'ai observé dans le lichen, et qui sans doute se reproduira ailleurs encore.

Amidon contenu dans les différentes parties du Chara

En examinant, sous le microscope, le Chara hispida dont je devais analyser les membranes, je reconnus dans le suc de la tige des granules ayant de 5 à 15 millièmes de millimètres, qui offrirent les caractères de l'amidon.

Les graines du Chara considérées depuis 1823, d'après M. Adolphe Brongniart, comme monospermes et remplies d'un endosperme blanchâtre, contiennent, en effet, de la fécule dont

(1) Sans doute elle était restée interposée à l'état de savon, faute de lavages suffisans apres l'action de la potasse.

la présence fut indiquée par M. Raspail. J'ai cru devoir déterminer rigoureusement la nature de cette substance sur laquelle la coloration bleu par l'iode pouvait encore laisser des doutes.

Les granules en question, ont par leurs dimensions, leurs formes et leur consistance, quelques caractères spéciaux, analogues à ceux qu'un examen attentif fait remarquer dans chacune des fécules amylacées de la plupart des plantes; ce qui distingue surtout ceux-ci, c'est que les plus petits, au-dessus d'un demi et jusqu'à deux centièmes de millimètre, sont très irréguliers, contournés ou gibleux, tandis que les plus gros, depuis trois jusqu'à quinze centièmes de millimètre, et plus particulièrement encore ceux qui ont des dimensions moyennes, approchent des formes régulières de sphéroïdes et d'ellipsoïdes, ainsi que le montrent les figures ci-jointes, de l'amidon du Chara hispida; parmi ces dernières, on remarquera la fécule des articulations dont la plupart des grains ont une conformation toute spéciale, fort allongée, offrant par des soudures peu consistantes, des sortes d'articulations. Les grains d'amidon des articulations du Chara vulgaris, sont beaucoup plus petits et la plupart globuliformes.

Plusieurs propriétés physiques et toutes les réactions chimiques, prouvent l'identité parfaite de ces différens granules avec l'Amidon (1).

(1) Dans les graines bien développées du *Chara vulgaris* et du *Chara hispida*, qui ont environ les 0,50 ou 0,75 d'un millimètre de grosseur, la plupart des grains de fécule les plus volumineux s'écrasent aisément entre deux lames de verre par la pression des doigts, ils sont alors fendillés en étoiles, à partir d'un hile que l'on n'aperçoit pas toujours et se propagent parfois, suivant un axe. On distingue les zônes d'accroissement sur plusieurs d'entre eux. (Voir les figures.)

Les grains d'amidon les plus volumineux dans les vieilles graines se désagrègent quelquefois, en donnant lieu aux petites sphérules amylacées, dont j'ai signalé la présence dans les vieux tubercules des pommes de terre. (Voir le *Mémoire sur l'Amidon de diverses plantes*, Annales des Sciences naturelles, 1838.)

Tous ces grains, ainsi que ceux des tiges et des articulations, peuvent être gonflés au point de presque centupler de volume par les solutions contenant un centième de soude ou de potasse: ils se colorent de nouveau en bleu par l'iode, si on sature préalablement l'alcali; ni l'ammoniaque, ni l'acide acétique n'attaquent leur substance, qui est dissoute par l'acide chlorhydrique et peut être transformée en dextrine et en sucre par l'acide sulfurique et la diastase. Ils sont donc entièrement formés d'amidon et diffèrent beaucoup chimiquement des jeunes organes, et surtout des organes reproducteurs des végétaux, par les très faibles proportions de substances azotées.

Composition chimique du pollen du Chara.

Les vésicules de couleur orangée qu'on voit aussi sur les rameaux du Chara, contiennent, comme on le sait, des cellules très longues et souples, j'ai reconnu que leurs minces membranes, ont la composition chimique du tissu végétal, tandis que les substances renfermées par elles, offrent la composition azotée, propre aux corps enveloppés dans les plus jeunes organes des plantes.

Ces résultats analytiques me semblent être des conséquences naturelles de la constitution des o ganes reproducteurs du Chara, telle que M. Brongniart l'a indiquée, non-seulement quant à la graine monosperme, mais encore relativement aux substances azotées contenues dans les membranes végétales, qui se rapporteraient au Pollen de l'organe mâle.

Ces faits chimiques seraient encore en harmonie avec les observations de M. Meyen et celles de M. Brongniart sur les mouvemens spontanés des petits corps renfermés dans ce pollen, (Ann. des Sc. Nat. nov. et déc. 1838); car tous les corps doués d'un mouvement spontané, autre que celui des particules de Brown, se sont trouvés, dans mes essais, avoir une composition quaternaire azotée.

Analyse du lait de la noix de coco.

Le liquide lactescent, contenu dans la noix de coco lorsque le tissu de l'amande commence à s'organiser, donne à l'analyse : 1° Les substances azotées sous les trois états qui précèdent et accompagnent toutes les formations végétales; 2° des globules oléiformes contenant une substance grasse cristallisable; 3° plusieurs sels; 4° une proportion de sucre assez considérable pour que la solution rapprochée se soit prise en une masse de cristaux blancs, dont les formes, la composition et les propriétés appartiennent exclusivement au sucre de cannes, il sera facile de s'en

assurer en examinant l'échantillon que j'ai déposé sur le bureau de l'Académie.

Sucre des fruits du Cactus Opuntia.

M. le général Saldanha ayant bien voulu me remettre toute la provision des fruits de Cactus qu'il avait fait venir du Portugal à Paris pour les analyser, il s'en est trouvé deux ou trois seulement assez peu altérés pour les soumettre à cet examen. Outre les produits essentiels à l'organisation végétale, ces fruits contiennent non du sucre de cannes, mais du glucose (sucre de raisin).

Les cristaux grouppés en houppes irradiées, de lamelles rhomboïdales que j'en ai obtenus, ne peuvent laisser aucun doute sur sa nature; quant aux proportions, elles s'élèveraient à plus de 12 pour 100, si ce qui est probable, l'altération d'une partie de ce sucre était accidentelle et devait exclusivement être attribuée aux influences subies durant le transport.

Composition des fibrilles et membranes d'un tendon et d'un intestin.

Afin de lever une objection qui pouvait être faite aux conclusions de mon Mémoire, j'ai réduit à ses fibrilles les plus résistantes, un tendon de bœuf, à l'aide d'opérations mécaniques et chimiques appropriées : en cet état blanc, diaphane, tel que je le présente, il se gonfle à froid et se dissout à chaud; dans l'acide acétique et dans l'acide chlorhydrique étendu, sa composition est quaternaire, il reste donc parfaitement distinct des membranes végétales par ses propriétés comme par sa composition chimique.

Voulant répéter cette expérience dans des circonstances plus décisives encore, je me procurai chez M. Savaresse, fabricant de *cordes harmoniques*, un intestin grêle de mouton, réduit par des frottemens répétés et des macérations dans des eaux alcalines, à sa membrane la plus résistante; il formait alors

une enveloppe tubulaire continue, tellement mince qu'il aurait fallu réunir trois intestins semblables, pour égaler l'épaisseur d'une chanterelle, et que dans toute sa longueur de 14 mètres, il pesait à peine 5 grammes; on peut juger de sa faible épaisseur, en examinant les bouts insuflés que je présente à l'Académie.

En cet état il fut soumis : 1° à des macérations et lavages par l'éther, qui enlevèrent des matières grasses, 2° à une immersion à froid, dans l'acide acétique concentré, qui opéra un gonflement rapide; 3° à une ébullition, pendant 15 minutes, dans le même acide qui dissolvit une petite quantité de la substance; 4° à l'action d'une solution à 0,1 de potasse, chauffée pendant 5 minutes à 100°. Cette fois plus des 0,9 du poids de la matière furent entraînés en dissolution, quelques fibrilles et vaisseaux à contours nets encore avaient résisté; la substance organique analysée, soit à l'état normal, soit après chacun des cinq traitemens précités, offrit toujours la composition quaternaire riche en azote.

J'arrivai aux mêmes conclusions en traitant ensuite séparément la membrane extérieure qui était plus attaquable, car elle se dissolvit dans l'acide acétique chauffé à 100°; elle était d'ailleurs, ainsi que la première, contractée par l'eau bouillante et par plusieurs solutions salines froides, contractée et jaunie par l'iode (1), dissoute en totalité, par une ébullition prolongée dans la solution à 0,2 de potasse caustique.

Aucune des parties de l'intestin, ne saurait donc non plus se confondre par sa constitution chimique, avec les tissu des végétaux.

(1) D'après un grand nombre d'essais, M. Donné regarde la coloration jaune par l'iode comme propre à toute matière organisée, contenant de l'azote. Je n'ai pas trouvé jusqu'ici d'exception à cette règle.

TABLEAU COMPARATIF *des propriétés qui distinguent les membranes végétales des membranes animales.*

	MEMBRANES VÉGÉTALES bien agrégées, humides.	MEMBRANES DES ANIMAUX (hydratées).
Température élevée au rouge.	Le produit condensable le plus abondant, non compris l'eau, est l'*acide acétique*; le résidu charbonneux *n'est pas déformé.*	Le produit distillé le plus abondant, non compris l'eau, est le *carbonate d'ammoniaque*; le résidu charbonneux *est boursouflé.*
Décomposition spontanée.	Produits et résidus acides.	Produits et résidus acides et ammoniacaux.
Iode en solution aqueuse saturée.	Légère contraction. Coloration nulle.	Coloration jaune orangé, et souvent forte contraction.
Soude et potasse étendues et ammoniaque.	Action peu sensible, même à chaud.	Dissolution plus ou moins complète et rapide à chaud.
Acide chlorhydrique étendu, à chaud.	Action sensiblement nulle.	Dissolution plus ou moins rapide.
Acide acétique.	Action nulle.	Dissolution lente ou rapide, à chaud.
Acide tannique (tannin).	Action nulle ou faible contraction.	Contraction forte, combinaison intime.
Sulfate d'alumine.	Action nulle.	Contraction et combinaison.
Bi-chlorure de mercure.	Action nulle.	Combinaison intime et contraction.
COMPOSITION.	Ternaire, bien définie = (H^2O, $C^{24}H^{18}O_9$) : formule unique n'admettant pas d'azote.	Quaternaire, à plusieurs formules, contenant toujours de l'azote, en fortes proportions.

On remarque dans les effets des réactifs sur différentes membranes et sur quelques produits des animaux, des variations assez notables, mais leur composition et leurs propriétés ne les distinguent pas moins des membranes végétales.

Ainsi la membrane péritonéale et la membrane musculeuse des intestins se contractent dans l'eau bouillante et même dans l'acide chlorhydrique chaud, avant de se désagréger et de se dissoudre, tandis que dans les mêmes circonstances, les tendons se gonflent d'abord; mais le résultat définitif est le même, et les autres propriétés ci dessus décrites leur sont communes.

Le mucus solide qui constitue les poils, les ongles, la corne, etc., des animaux, se distingue parfaitement des tissus végétaux, par les produits de sa distillation qui abondent en carbonate d'ammoniaque, par le résidu charbonneux qui est très boursoufflé, par l'action, soit de l'iode qui la colore en jaune orangé, soit des alcalis caustiques qui le dissolvent; enfin, par sa composition quaternaire. Les mêmes propriétés séparent nettement la fibrine et l'albumine des membranes végétales. Enfin, celles-ci, faiblement agrégées (1), se rapprochent beaucoup de l'amidon; désagrégées, elles peuvent être amenées à l'état de dextrine; sous ces trois formes, elles sont isomériques, et leur composition est ternaire; rien de semblable n'a lieu relativement aux membranes ni aux produits précités des animaux.

CONCLUSIONS.

Les faits nouveaux contenus dans ce mémoire, me semblent justifier les conclusions générales suivantes :

1° La cellulose, qui constitue les membranes des plantes, offre une composition chimique homogène dans toute l'étendue du règne végétal.

2° Cette subtance représentée par la formule $C^{24}H^{18}O^{9}, H^{2}O$, est isomérique avec l'amidon, la dextrine, l'inuline normale et l'inuline soluble.

(1) Lorsque la substance de ces membranes est faiblement agrégée, elle éprouve de la part de divers reactifs des influences analogues à celles que subit l'amidon hydraté, quoique beaucoup moins fortes.

3° Les degrés d'agrégation de la cellulose, modifient ses propriétés physiques et sans doute ses qualités nutritives; fortement agrégée, sa résistance à divers agens chimiques et à l'action digestive est très remarquable.

4° La médulline, la fungine, la lichenine, considérées comme principes immédiats particuliers n'existent pas : bien épurées elles offrent une identité complète avec la cellulose.

5° Le gluten ne constitue pas un tissu; c'est un principe immédiat renfermé dans les cellules du périsperme des fruits de plusieurs céréales.

6° Les substances azotées accompagnent toutes les productions végétales, se trouvent dans toutes les cellules naissantes, mais elles ne font point partie constituante des membranes de celles-ci, ni du tissu des végétaux.

7°. Les propriétés physiques et chimiques des membranes végétales, comparées avec les propriétés des membranes des animaux, permettent d'établir une démarcation nette entre elles : les premières ont une composition ternaire qui exclut l'azote, les dernières offrent constamment une composition quaternaire azotée.

Imprimé chez Paul Renouard, rue Garancière, n° 5.